

Ville Kyröläinen

## **TEHTAAN HÖYRYENERGIAN KULUTUKSEN JAKAUTUMINEN**

## **TEHTAAN HÖYRYENERGIAN KULUTUKSEN JAKAUTUMINEN**

Ville Kyröläinen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2016  
Energiatekniikka  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Energiatekniikan koulutusohjelma

---

Tekijä: Ville Kyröläinen

Opinnäytetyön nimi: Tehtaan höyryenergian kulutuksen jakautuminen

Työn ohjaajat: Jukka Ylikunnari, Ari Koskela

Työn valmistumislukukausi- ja vuosi: Kevät 2016

Sivumäärä: 44 + 1 liite

---

Fermion Oy Oulun lääkeainetehtaalla otetaan käyttöön energiatehokkuusjärjestelmä ETJ+. Järjestelmää käytetään energiatehokkuuden jatkuvan parantamisen työkaluna. Järjestelmä asettaa yritykselle vaatimuksen muun muassa analysoida energiankäyttöä ja -kulutusta mittausdataan tai muuhun dataan perustuen.

Työn tavoitteena oli selvittää tehtaan käyttämän höyryenergian jakautuminen kulutuskohteisiin nykyisiä mittauspisteitä hyödyntäen. Tavoitteena oli myös selvittää mahdollisesti puuttuvien mittauksien paikat, jotta höyryenergian kulutus voidaan eritellä talotekniikan kuluttamaan höyryyn ja prosessien kuluttamaan höyryyn. Työssä oli myös tarkoitus hahmotella tehtaan automaatiojärjestelmään erillinen höyryenergiaa koskeva näyttösivu.

Tiedonkeruun piiriin viedyiltä mittareilta kerättiin mittausdataa 1.12.2015–29.2.2016. Mittausdatan perusteella laskettiin höyryenergian jakautuminen kulutuskohteisiin käyttäen MS Excel-aulukkolaskentaohjelmaa. Vuoden 2015 höyryenergian kulutus selvitettiin energialaskuista ja energiankulutusta verrattiin vuonna 2009 tehtaalta suoritettujen energiakatselmuksen tuloksiin. Työssä arvioitiin kuinka tähän mennessä tehdyt toimenpiteet ovat vaikuttaneet energiankulutukseen. Mittausdatasta laskettujen tulosten perusteella hönkähöyryä muodostuu suuria määriä. Hönkähöyryn määrää saataisiin vähennettyä alentamalla talotekniikan lämmönsiirtimillä käytettävän höyryn paine ja uusimalla vanhat lämmönsiirtimet.

Uusien mittauksien paikat suunniteltiin niin, että höyryenergian kulutus voidaan eritellä talotekniikkaan ja prosessiin. Tehtaalle tulisi lisätä yksi höyryn virtausmittari, jotta prosessien käyttämä höyry saadaan mitattua. Talotekniikan lämmönsiirtimien höyrynkulutuksen seuranta voidaan toteuttaa lisäämällä kaksi höyryn virtausmittaria tai lisäämällä lämmönsiirtimien vesipuolelle lämpötilamittauksia ja viemällä lämpötilamittaukset prosessiautomaatiojärjestelmään. Vanhoja olemassa olevia ja uusia suunniteltuja mittauksia hyödyntäen luonnosteltiin tehtaan prosessiautomaatiojärjestelmään höyryenergiaa koskeva näyttösivu.

---

Asiasanat: höyry, kulutus, mittaus, jakautuminen

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree programme in Energy Technology

---

Author: Ville Kyröläinen

Title of thesis: Distribution of Steam Energy Consumption at Factory

Supervisors: Jukka Ylikunnari, Ari Koskela

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2016      Number of pages: 44 + 1 appendix

---

Fermion Ltd Oulu factory will be introducing the energy efficiency system EES+. The system is used as a tool for a continual improvement of energy efficiency. One requirement of the system is to analyse energy use and consumption with using measurement data or other data.

The aim of this thesis was to find out steam energy distribution to consumption areas in factory by using current measurement points. The aim was also to find out possibly missing locations of the measurement points so that steam consumption is able to separate the building heating steam usage and the process steam usage. At this thesis aim was also to design the steam energy display page to the factory process automation system.

The measurement data were collected 1.12.2015-29.2.2016. Steam energy distribution was calculated with MS Excel-spreadsheet program. Consumption information of year 2015 was compared to results of energy audit. The energy audit was made in 2009. In this thesis was estimated effects of energy efficiency raising from actions which were made in the last few years. Based on the measurement data and calculations big amounts of flash steam are generated from steam usage. Recommended actions to lowering the flash steam generation were listed to this thesis.

Locations of new measurements were planned so that steam energy distribution is able to separate the building heating steam usage and the process steam usage. The process steam consumption is possible to measure with adding one steam flow meter. The building heating steam consumption is possible to measure with adding temperature meters or steam flow meters. With current measurements and planned new measurements was designed the steam energy display page to the factory process automation system.

---

Keywords: steam, consumption, measurement, distribution

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	7
2 TOIMEKSIANTAJA.....	8
2.1 Oulun tehtaan historia .....	8
2.2 Oulun tehdas .....	9
3 ENERGIA TEHOKKUUSJÄRJESTELMÄ .....	10
3.1 Energiakatselmustoiminta .....	10
3.2 Energian kulutuksen seuranta .....	10
4 HÖYRY- JA LAUHDESIIRTOJÄRJESTELMÄN ENERGIA TEHOKKUUDEN SEURANTA JA MITTAAMINEN.....	11
4.1 Energiatehokkuuden seuranta.....	11
4.2 Mittausmenetelmät .....	12
5 HÖYRYENERGIA FERMION OY OULUN TEHTAALLA .....	13
5.1 Höyryn tuotanto .....	13
5.2 Höyryn jakelu.....	13
5.3 Höyryn kulutuskohdet .....	14
5.3.1 Prosessi .....	14
5.3.2 Talotekniikka .....	15
5.4 Lauhteiden keruu.....	16
5.4.1 Puhdas lauhde .....	16
5.4.2 Prosessilauhde .....	17
5.5 Mittaukset höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmässä .....	17
5.5.1 Päähöyrylinjan virtausmittari .....	18
5.5.2 Tislaamon virtausmittarit .....	19
5.5.3 Laitehuoneen lämmönsiirtimen virtausmittari .....	20
5.5.4 Moduulien 9 ja 10 virtausmittaukset .....	21
5.5.5 Lauhteiden siirron mittarit.....	22
6 MITTAUSDATA JA SEN KÄSITTELY .....	23
6.1 Mittausdata.....	23

6.2	Mittausdatan käsittely .....	24
7	HÖYRYENERGIAN KULUTUKSEN JAKAUTUMINEN.....	29
7.1	Vertailu energiakatselmuksen tuloksiin.....	29
7.2	Massatase .....	32
7.3	Mittaustulosten perusteella havaitut energiansäästökohteet .....	35
7.3.1	Höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmän kuntokartoitus .....	35
7.3.2	Talotekniikan lämmönsiirtimien uusiminen.....	36
7.3.3	Hönlämmönsiirrin.....	36
7.4	Suoritettujen energiansäästötoimenpiteiden ja vaikutusten arvio.....	36
7.5	Vaadittavat mittarien paikat kulutuksen tarkempaan seurantaan .....	38
8	HÖYRYENERGIASIVUN SUUNNITTELU AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄÄN .....	40
9	YHTEENVETO .....	41
	LÄHTEET .....	43
	LIITTEET .....	45

Liite 1 Automaatiojärjestelmän energiasivu

# 1 JOHDANTO

Tammikuun ensimmäisenä päivänä vuonna 2015 voimaan tullut energiatehokkuuslaki velvoittaa suuret yritykset toteuttamaan energiakatselmuksia vähintään neljän vuoden välein. Ensimmäinen energiakatselmus täytyy olla suoritettuna viimeistään 5. päivä joulukuuta 2015. Pakollisesta energiakatselmuksesta voi vapautua, jos yrityksessä on käytössä sertifioitu energianhallintajärjestelmä tai ympäristöhallintajärjestelmä johon sisältyy energiatehokkuuslaissa säädettyjen vähimmäisvaatimusten mukaisesti suoritettu energiakatselmus. Sertifioiduksi energianhallintajärjestelmäksi luetaan ISO 50 001-järjestelmä sekä ISO 14 001 -järjestelmä yhdistettynä energiatehokkuusjärjestelmä ETJ+ kanssa. Energiakatselmukselta voi välttyä myös olemalla mukana energiatehokkuussopimuksessa ja ottamalla ETJ+ käyttöön. Energiatehokkuusjärjestelmä sisältää ISO 50 001-standardin mukaiset vaatimukset energiakatselmuksista. (1.; 2.)

Orion Oyj:n tytäryhtiö Fermion Oy kuuluu energiatehokkuussopimukseen Orion-konsernin mukana. Konsernissa otetaan käyttöön vuoden 2015 aikana ETJ+-energiatehokkuusjärjestelmä. Fermion Oy Oulun tehtaalla on tarkoitus saada tietoon prosessien kuluttama höyry ja talotekniikan kuluttama höyry. Energiankulutuksen mittausta kehittämällä voidaan myös tunnistaa energiansäästökohteita helpommin. Tämän opinnäytetyön aihe on lähtenyt rakentumaan näiden asioiden pohjalta. Energiatehokkuussopimuksen tavoitteena on vähentää energiankulutusta vuosien 2001–2005 keskimääräisestä energiankäytöstä 9 prosenttia vuoteen 2016 mennessä. ETJ+-järjestelmä on energiatehokkuuden jatkuvan parantamisen työkalu ja yhtenä edellytyksenä jatkuvan parantamiseen on energiankulutuksen seuranta. (1.; 2.)

Opinnäytetyön aihe on rajattu koskemaan höyryenergiaa. Työssä on tarkoitus selvittää höyryenergian jakautuminen kulutuskohteisiin nykyisiä mittareita hyödyntäen, määritellä puuttuvien mittauksien paikat kulutuksen tarkempaan seurantaan, verrata tuloksia vuonna 2009 suoritettuun energiakatselmukseen sekä luonnostella tehtaan automaatiojärjestelmään höyryenergiaa koskeva energiasivu.

Mittausdata mittareilta kerätään automaatiojärjestelmästä ja datan perusteella lasketaan kulutuksen jakautuminen kohteisiin. Tarkoituksena olisi pystyä erittelemään höyryenergian kulutus talotekniikkaan ja prosessiin. Jos kulutusta ei saada nykyisillä mittareilla eriteltyä näihin kahteen kulutuskohteeseen, määritetään tarvittavat mittauspaikat.

## **2 TOIMEKSIANTAJA**

Fermion Oy on lääkealan yritys, joka valmistaa lääkeaineita. Fermionilla on kaksi tuotantolaitosta Hangossa ja Oulussa sekä tuotekehitysyksikkö Espoossa. Fermion on Orion Oyj:n omistuksessa oleva tytäryhtiö. Fermion Oy:n Oulun tehdas sijaitsee Sanginsuussa Lääketehtaantiellä. Oulun tehdas työllistää noin 90 henkilöä. (3.)

”Fermion valmistaa vaikuttavat aineet Orionin omiin alkuperä-lääkkeisiin ja joihinkin geneerisiin valmisteisiin. Fermion valmistaa ja myy lääkeaineita myös muille lääkeyhtiöille maailmanlaajuisesti”. (4.)

### **2.1 Oulun tehtaan historia**

Vuonna 1961 perustettiin Medipolar Oy. Se aloitti lääketuotannon vuonna 1964. Uusi tehdasrakennus valmistui vuonna 1974 ja sitä laajennettiin 1984. Yhtiö sulautui vuonna 1978 Farnos-yhtymään, joka puolestaan sulautui Orioniin vuonna 1990. Fermionin Oulun tehdas jatkaa Medipolar Oy:n lääkeainetehtaan tuotantoa. Vuonna 1979 tehdas sai ensimmäisenä suomalaisena lääke-tehtaana FDA:n (Food and Drug Administration) hyväksynnän. (3.)



## 2.2 Oulun tehdas

Kuvassa 1 etualalla on Fermion Oy Oulun tehdas. Lääkeainetehdas sisältää kymmenen tuotantomoduulia, jälkikäsittelytilat, laboratorion sekä tislamon. Tuotantomoduuleissa valmistetaan lääkeaineita prosessoimalla eri tavoin lääke-aineiden lähtöaineina toimivia raaka-aineita. Lääkeainetuotantoprosessit ovat panostoimisia prosesseja. Jälkikäsittelyssä kuivataan ja jauhetaan tuotannon valmistamat lääkeaineet. Jälkikäsittelyn jälkeen pakatut tuotteet lähetetään tilaajalle. Laboratoriossa analysoidaan esimerkiksi valmistettuja lääkeaineita, jotta voidaan varmistua tuotteen laadusta. Tislaamossa tislataan muun muassa lääkeainetuotannon valmistusprosesseissa käytettyjä liuottimia uudelleen käytettäväksi.



KUVA 1 Fermion Oy Oulun tehtaan ilmakekuva (5)

### **3 ENERGIA TEHOKKUUSJÄRJESTELMÄ**

ETJ+-energiatehokkuusjärjestelmän ovat yhdessä laatineet Motiva Oy, sertifiointiyritykset, energiavirasto sekä työ- ja elinkeinoministeriö. Energiatehokkuusjärjestelmää käytetään työkaluna energiatehokkuuden jatkuvassa parantamisessa. Energiatehokkuuden jatkuva parantaminen edellyttää yritykseltä energiankäytön tuntemista ja seuranta, tietoa energiansäästömahdollisuuksista, kannattavien energiansäästötoimenpiteiden määrittämistä ja toteuttamista, energiatehokkuuden huomioimista toimintatavoissa, investoinneissa sekä hankinnoissa, eri mahdollisuuksien tuntemista energian hankinnassa ja energianhankintastrategiaa ja sen toteuttamista. (6, s. 5–6.)

#### **3.1 Energiakatselmustoiminta**

Energiatehokkuusjärjestelmä sisältää vaatimuksen yrityksen omaan sisäiseen energiakatselmustoimintaan. Energiakatselmustoiminnassa selvitetään yrityksen energiankäyttö, energiatehokkuuteen vaikuttavat toiminnot, tehostamismahdollisuudet energiankäytöstä ja energiansäästöstä. Energiakatselmustoiminnassa analysoidaan yrityksen keskeisten toimintojen energiankulutusta mittausdataan tai laskelmiin perustuen. Analyysin avulla yrityksen tulee tunnistaa merkittävät energiankäytön osa-alueet ja tunnistettava laskelmiin perustuen mahdollisuudet energiatehokkuuden parantamiseen. Katselmusten tulokset on dokumentoitava. (6, s. 11–12.)

#### **3.2 Energian kulutuksen seuranta**

Yrityksen täytyy laatia toteutettava suunnitelma energian mittauksesta ja monitoroinnista. Keskeisten ominaisuuksien mittausten ja monitoroinnin tulokset täytyy tallentaa. Suunnitelman tulee sisältää määrittelyt mittaustarpeesta ja sen katselmoinnista. (6, s. 13–14.)

Mittausten kalibroinneista ja huolloista täytyy olla suunnitelma. Kalibrointi- ja huoltotietoja täytyy ylläpitää. Mittaukset voivat vaihdella käyttömittauksista monimutkaisiin mittaussovelluksiin, jotka pystyvät tuottamaan automaattisesti analyysijä. (6, s. 14.)

## **4 HÖYRY- JA LAUHDESIIRTOJÄRJESTELMÄN ENERGIAATEHOKKUUDEN SEURANTA JA MITTAAMINEN**

Höyry on yksi käytetyimmistä tavoista siirtää lämpöenergiaa. Höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmäksi määritellään prosessialue, joka on höyryn tuotannon ja höyryn kulutuskohteiden välissä. Höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmään kuuluvat höyryn ja lauhteen siirtoputkistot, lämmönsiirtimet, lauhduttimet, lauhteenpoistimet, lauhdesäiliöt, säätöventtiilit ja mittausinstrumentit. Jotta järjestelmän energiatehokkuutta voidaan parantaa, täytyy prosessisuureita mitata. (7, s. 7–8.)

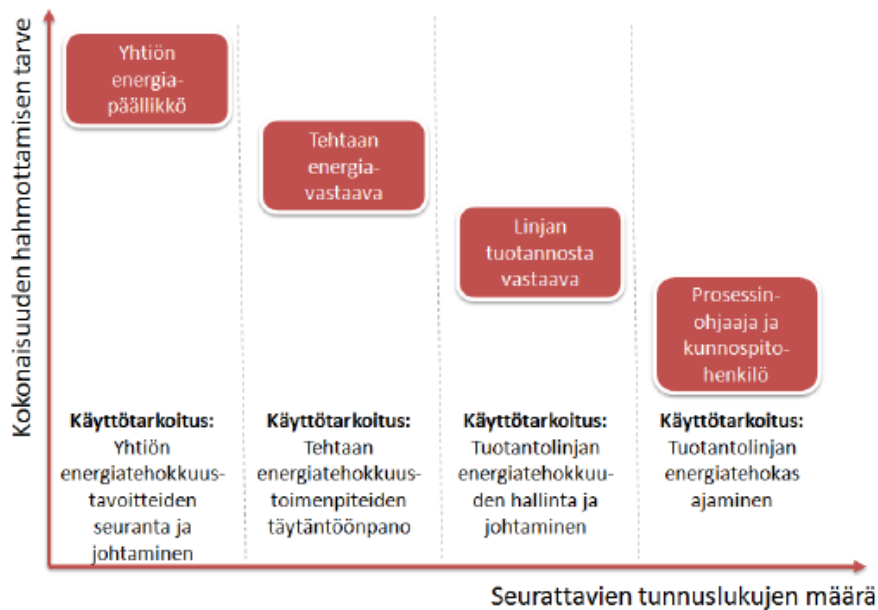
### **4.1 Energiatehokkuuden seuranta**

Energiatehokkuuden hetkellistä tilaa voidaan seurata reaaliaikaisten mittausten perusteella. Mittausten online-seuranta on yleensä sijoitettu prosessinohjausjärjestelmään. Kokonaisvaltaisempi kuva energiatehokkuudesta saadaan raportoinnin avulla. Raportointi perustuu historiatietoon. (7, s. 9.)

Muodostamalla höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmästä tasemuotoinen esitys, voidaan kokonaisuus hahmottaa helpommin. Taseessa voidaan kuvata koko tehtaan höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmä tai tarkemmin jokin osa siitä. Taseita voidaan käyttää energiatehokkuuden online-seurannassa ja raportoinnissa. (7, s. 9.)

Mittaustiedon raportoinnin avulla voidaan seurata esimerkiksi tehtyjen energiansäästötoimenpiteiden vaikutuksia höyryn kulutuksessa. Energiankulutuksen raportointia vaaditaan esimerkiksi energiatehokkuusjärjestelmässä. (6, s. 13; 7, s. 10.)

Höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmän tunnusluvut valitaan käyttäjäryhmäkohtaisen tarpeen mukaan. Organisaation johdolle tunnusluvut täytyy olla kokonaisvaltaisempia ja seurattavien tunnuslukujen määrä ei saa olla liian suuri. Vastaavasti kentän tasolla, esimerkiksi prosessinohjaajalla seurattavia tunnuslukuja voi olla suurempi määrä. Lisäksi tiedon on oltava konkreettista prosessin ohjaamisen kannalta. Kuvassa 2 on esitetty tunnuslukujen tarpeet eri käyttäjäryhmille energiatehokkuuden seurantaa varten. (7, s. 15.)



KUVA 2 Käyttäjäryhmäkohtaiset tarpeet tunnusluville (7, s. 15.)

## 4.2 Mittausmenetelmät

Höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmässä tarvittavia mittauksia ovat virtaus-, paine-, ja lämpötilamittaukset. Mittauksissa on huomioitava mittauksen toistettavuus, mittauksen tarkkuus sekä mittausalue. Mittauksen toistettavuudella tarkoitetaan, että mittari osoittaa samaa arvoa olosuhteissa, jotka ovat identtiset toisiinsa nähden. Mittauksen tarkkuudella tarkoitetaan, että mittareilla on aina oma virhemarginaali. Mittausalue on mittarin toiminta-alue, jossa mittari toimii ilmoitettujen toistettavuuden ja tarkkuuden sisällä. Kaavassa 1 on esitetty mittausalueen laskukaava. Mittausalue ilmoitetaan esimerkiksi 25:1. (7, s. 20; 8.)

$$\text{Mittausalue} = \frac{\text{Maksimiarvo}}{\text{Minimiarvo}}$$

KAAVA 1

Mittareille ilmoitetaan yleensä maksimiarvo ja mittausalue. Näiden tietojen avulla mittarille voidaan laskea mittausalueen minimiarvo jakamalla mittausalueen maksimiarvo mittausalueella. (7, s. 20.)

## **5 HÖYRYENERGIA FERMION OY OULUN TEHTAALLA**

Fermion Oy Oulun tehtaalla käytetään höyryntuotantolaitokselta tulevaa 8 baarin mittaripaineessa olevaa kylläistä höyryä. Höyryä käytetään kulutuskohteissa 8 baarin paineessa sekä alennettuina 5 baarin ja 3 baarin paineisiin riippuen käyttökohteesta.

### **5.1 Höyryn tuotanto**

Tehtaalla käytettävä höyry tuotetaan tehtaan vieressä olevalla höyryntuotantolaitoksella. Laitoksella on kolme kattilaa joilla voidaan tuottaa höyryä. Kaksi vanhinta kattilaa K1 ja K2, ovat raskaspolttoöljykäyttöisiä tulitorvi-tuliputkikattiloita ja kattilat ovat vain huippu- ja varakäytössä. Laitoksen uusin vuonna 2011 käyttöön otettu kiinteän polttoaineen kattila toimii pääkattilana. Kattila on polttoaineteholtaan 3,5 MW:n mekaaninen viistoarinakattila. Polttoaineena käytetään haketta sekä turvetta. Höyryntuotantolaitoksella on käytössä höyryakku, jolla tasataan höyryn käytön kulutushuippuja. Höyryntuotantolaitos palvelee Adven Oy:n sopimuskumppaneina toimivia Fermion Oy:tä ja Chempolis Oy:tä.

### **5.2 Höyryn jakelu**

Höyry toimitetaan tehtaalte höyryntuotantolaitokselta kahdella DN150-kokoisella putkilinjalla. Putket kulkevat putkisillassa ja samassa putkisillassa kulkee palautettavan lauhteen putkilinja höyryntuotantolaitokselle. Putket ovat eristettyjä. Toinen päähöyrylinjoista haarautuu tislamoon, moduuleihin 6, 9 ja 10 sekä rakennuksen lämmitysjärjestelmien höyrylämmönsiirtimille. Toinen päähöyrylinjoista tulee tehtaan laitehuoneeseen, josta se jaetaan 8 baarin höyryn jakotukin (kuva 3) ja 3 baarin höyryn jakotukin kautta eri kulutuskohteisiin. 8 baarin höyryn jakotukista lähtee myös linja, joka alennetaan 5 baarin paineeseen. Höyryn paine alennetaan 8 baarin paineesta usein vielä juuri ennen kulutuskohdetta alempaan paineeseen.



KUVA 3 8 baarin höyryn jakotukki

### 5.3 Höyryn kulutuskohteet

Tehtaalla on karkeasti jaoteltuna kaksi eri kulutuskohdetta höyrylle. Höyryä käytetään tehtaan prosesseihin ja talotekniikan lämmitysjärjestelmiin.

#### 5.3.1 Prosessi

Lääkeaineiden tuotantoprosessissa höyryä käyttäviä päälaitteita ovat reaktorit, suodinkuivaimet sekä kuivaimet. Osassa laitteissa höyryä ajetaan suoraan laitteen vaippaan ja osa laitteista on varustettu lämmönsiirtimillä. Esimerkiksi reaktoreita, jotka ovat kaksoisvaipalla varustettuja säiliöitä, voidaan lämmittää ajamalla höyryä suoraan vaippaan. Jos reaktori on varustettu lämmönsiirtimellä, lämmitetään höyrylämmönsiirtimellä laitteen puoliputkivaipassa kiertävää etyleeniglykolia.

Prosessissa on myös muita laitteita ja toimintoja, joissa käytetään höyryenergiaa. Esimerkkinä voidaan mainita säiliöalueen säiliöiden lämmitysjärjestelmä, jonka tarkoituksena on pitää säiliössä oleva aine sulana ja pumpattavana. Lämmitysjärjestelmää käytetään vain lämmityskauden aikana.

Prosessissa käytettävän höyryn paine on joko 8, 5 tai 3 baaria käyttökohteen mukaan. Pääasiasa käytetään joko 8 tai 5 baarin paineessa olevaa höyryä. 3 baarin höyryä käytetään esimerkiksi



moduuleissa olevissa höyryposteissa, joista höyryä voidaan ottaa letkukytkenällä esimerkiksi painesuodattimen vaipan lämmitykseen.

### 5.3.2 Talotekniikka

Talotekniikkaan kuuluu rakennuksien lämmitys sekä lämpimän käyttöveden valmistus. Tehdasalueen rakennuksia lämmitetään ilmalämmitysjärjestelmillä sekä vesikiertoisilla patterilämmityksillä. Höyrylämmönsiirtimillä lämmitetään lämmitysverkoston kiertovettä, joka kiertää ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereissa sekä tilojen patteripiireissä. Talotekniikassa käytettävä höyrynpaine on 8 baaria ja 3 baaria. Uudemmissa lämmönsiirtimissä 8 baarin höyryn paine lasketaan 3 baarin paineeseen ennen lämmönsiirintä. Vanhemmissa käytetään 8 baarin paineessa olevaa höyryä. Taulukkoon 1 on koottu talotekniikan höyrylämmönsiirtimien sijainti, teho, käytettävän höyryn paine, käyttöönottovuosi ja käyttötarkoitus. Kuvassa 4 on tehtaan laitehuoneessa sijaitseva lämmönsiirrin.



KUVA 4 Laitehuoneessa sijaitseva lämmönsiirrin

## TAULUKKO 1 Talotekniikan höyrylämmönsiirtimet

Lämmönsiirtimen sijainti	Teho (kW)	Käyttöön-ottovuosi	Höyryn-paine (bar)	Käyttötarkoitus
Laitehuone	500	2014	3	Toimiston IV, tehtaan ja toimiston, patteripiirit sekä LKV
Tekninen tila 6316	352	1995	8	Moduulien 6 ja 8 IV sekä patteripiirit
Tekninen tila 6316	352	1988	8	Laboratorion IV
Tekninen tila 6316	1500	1988	8	Tehtaan IV ja jälkikäsittelyn patteripiiri
Mod 9/10 tekninen tila	400	2011	3	Moduulien 9 ja 10 IV sekä patteripiirit

Lisäksi tehdasalueella olevalle erilliselle keskusvarastorakennukselle ja lämpökeskukselle toimitetaan kaukolämpöä höyryntuotantolaitokselta. Kaukolämpö laskutetaan kulutuksen mukaan.

### 5.4 Lauhteiden keruu

Höyryn käytöstä syntyvät lauhteet jaotellaan tehtaalla puhtaaksi lauhteeksi ja prosessilauhteeksi. Lauhteet kerätään kulutuskohteista lauhteenpoistimien kautta lauhdelinjoihin, jota kautta lauhteet johdetaan lauhdesäiliöihin. Prosessilauhteella ja puhtaalla lauhteella on omat lauhdesäiliöt. Lauhdesäiliöt sijaitsevat tehtaan laitehuoneessa. Lauhdesäiliöt ovat paineettomia ja höngät johdetaan ulkoilmaan.

#### 5.4.1 Puhdas lauhde

Puhdas lauhde on peräisin laitteista, jotka on varustettu erillisillä höyrylämmönsiirtimillä. Lämmönsiirtimillä varustetuista laitteista peräisin oleva lauhde on puhdasta, koska putkilinjoissa voi kulkea ainoastaan höyry ja lauhde. Puhdasta lauhdetta syntyy myös höyryputkien vesityksistä.

Puhdas lauhde kerätään talteen ja palautetaan höyryntuotantolaitokselle takaisin höyryntuotantoprosessiin. Palautetusta lauhteesta saadaan hyvitys palautetun energiamäärän mukaan. Puhtaan



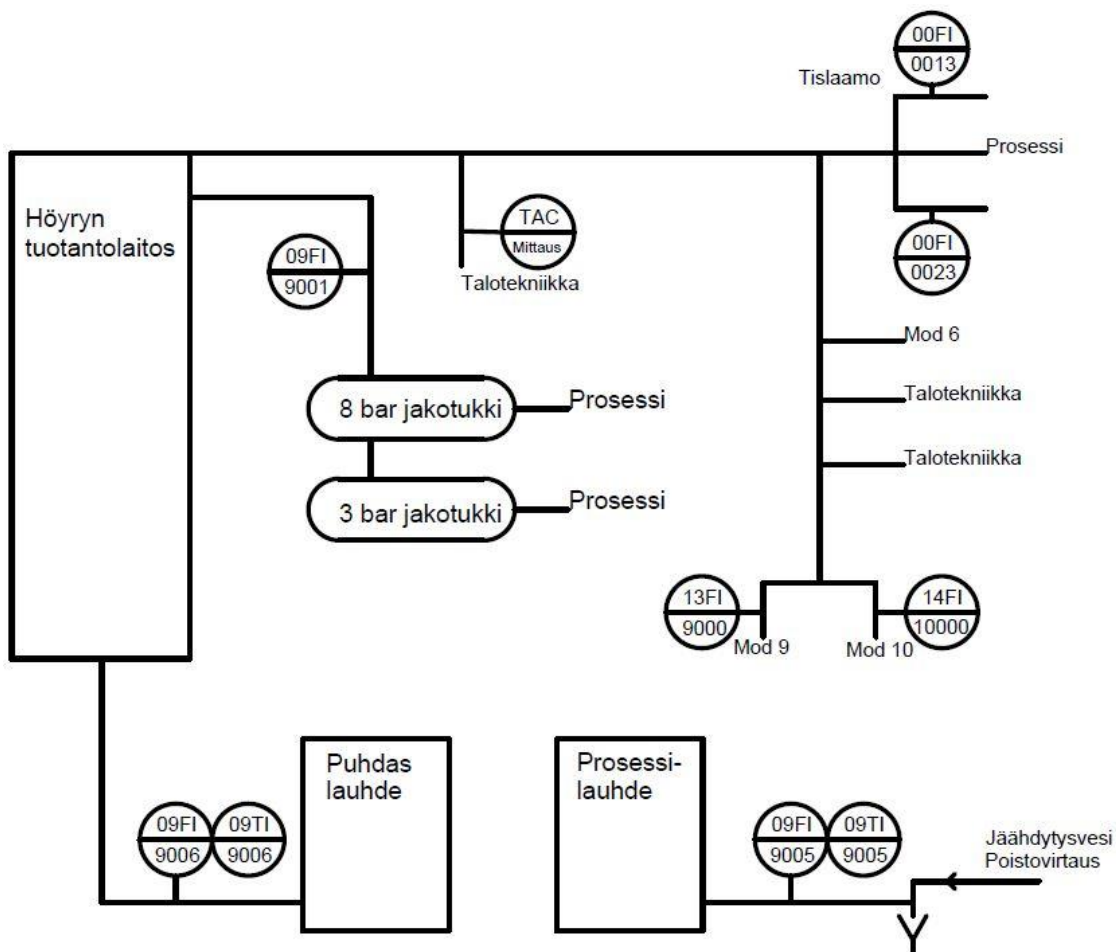
lauhteen palautuslinjassa on lauhteen johtokykymittaus, virtausmittaus ja energialaskentayksikkö. Johtokykyä täytyy tarkkailla, jotta voidaan varmistua lauhteen puhtaudesta.

#### **5.4.2 Prosessilauhde**

Prosessilauhde on niin sanotusti likaista lauhdetta. Likaiseksi lauhteen tekee se, että lauhde on peräisin laitteista, joissa ei ole erillistä lämmönsiirrintä tai laitteista, joiden lämmönsiirtimissä voi myös kiertää jäähdytysvettä tai kylmäliuosta höyryn lisäksi. Kun höyryä ajetaan esimerkiksi reaktorin vaippaan, tulee siitä likaista, koska samassa vaipassa voidaan kierrättää myös jäähdytysvettä tai kylmäliuosta. Prosessilauhde kerätään talteen säiliöön ja säiliössä olevasta lauhteesta hyödynnetään lämpöenergiaa liuotinlinjojen saattolämmitysjärjestelmään. Säiliöstä lauhteet ajetaan viemäriin. Prosessilauhdesäiliön tyhjennyslinjassa on virtausmittaus ja energialaskentayksikkö. Näiden mittauksien avulla mitataan viemäriin ajetun prosessilauhteen määrää ja energiasisältöä. Mittausyksikön jälkeen prosessilauhdelinjaan ajetaan jäähdytysvettä lauhteen sekaan, jotta lauhde jäähtyisi hieman ennen viemäriin menemistä.

#### **5.5 Mittaukset höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmässä**

Nykyiset höyry- ja lauhdemittaukset on toteutettu virtausmittauksien, painemittauksien ja lämpötilamittauksien avulla. Painetta mitataan tehtaan höyryverkosta useammasta eri kohdasta. Höyryn siirtoa kulutuskohteisiin mitataan virtausmittauksien avulla. Prosessilauhteen ja puhtaan lauhteen siirtoa seurataan virtaus- ja lämpötilamittauksien avulla. Lauhdelinjoissa on energialaskurit, jotka laskevat energiavirran mitattujen virtauksien ja lämpötilojen avulla. Kuvaan 5 on yksinkertaistettu tehtaan höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmän PI-kaavioista nykyisten mittausten sijainnit sekä mitattavat höyry- ja lauhdevirrat. Tehtaan prosessiautomaatiojärjestelmästä pystytään seuraamaan höyryn virtausmittauksia sekä lauhteen siirron virtaus- ja energiamittauksia.

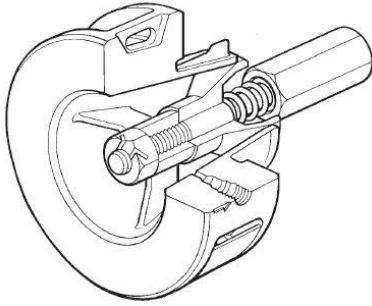


KUVA 5 Tehtaan höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmän mittauksien sijainnit

Tehtaan laitehuoneessa sijaitsevan lämmönsiirtimen höyryn kulutusta seurataan virtausmittarin avulla. Tätä mittausta ei ole viety prosessiautomaatiojärjestelmään vaan rakennusautomaatiojärjestelmään. Tehtaalla on käytössä TAC:n rakennusautomaatiojärjestelmä.

### 5.5.1 Päähöyrylinjan virtausmittari

Tehtaalle tulevassa toisessa DN150-kokoisessa päähöyrylinjassa höyryn virtausmittaukseen käytetään Spirax Sarcon Gilflo ILVA-virtausmittaria. Mittarin toiminta perustuu paine-eron muodostamiseen ja sen mittaamiseen. Mittarissa on muotoiltu kartio, joka liikkuu aksiaalisesti virtauksen voimasta jousikuormitusta vastaan. Kartio aiheuttaa paine-eron ja paine-ero on verrannollinen virtausmäärään. Kuvassa 6 on leikkauskuva virtausmittarista. Mittausyksikössä on erillinen lämpötila-anturi tiheyskompensointia varten. Virtausmittari soveltuu käytettäväksi useimpien nesteiden, kaasujen, kylläisen höyryn ja tulistetun höyryn mittaamiseen. Mittari on tarkoitettu laippon väliin asennettavaksi. (9.)



KUVA 6 Gilflo ILVA-virtausmittarin leikkauskuva (9)

Mittarin mittausalue on 100:1. Virtauksen suurimmaksi arvoksi on ilmoitettu 11 562 kg/h mitattaessa 7 baarin mittaripaineessa olevaa kylläistä höyryä. Mittarin tarkkuudeksi on ilmoitettu  $\pm 1$  % mitatusta arvosta mitattaessa 5-100 % maksimivirtauksesta. Mitattaessa 1-5 % maksimivirtauksesta on tarkkuudeksi ilmoitettu  $\pm 0,1$  % maksimivirtauksesta. Jos mittarilla mitataan esimerkiksi 7 baarin mittaripaineessa olevaa höyryä ja höyryn virtaus on 300 kg/h, mittari voi näyttää lukemaksi  $300 \pm 11,6$  kg/h. Tässä tapauksessa mittarin tarkkuudeksi tulee siis noin  $\pm 4$  %.(9.)

### 5.5.2 Tislaamon virtausmittarit

Tislaamossa on kaksi tislusreaktoria, joiden höyrynkulutusta mitataan virtausmittareilla. Kummallekin reaktorille on oma virtausmittari. Mittareina käytetään Spirax Sarcon muuttuva-aukkoisia virtausmittareita. Kuvassa 7 on tislaamon toisen reaktorin höyryn virtausmittari. Mittarit ovat putkikooltaan DN80, ja mittari on tarkoitettu laippojen väliin asennettavaksi. Mittarissa on muotoiltu kartio, joka liikkuu aksiaalisesti virtauksen voimasta jousikuormaa vastaan. Tässä mittarissa ei mitata paine-eroa vaan kartion siirtymisen aiheuttavaa voimaa mittapäässä. Voimaa mitataan venymäliuskojen avulla. Mittarissa on sisäänrakennettu lämpötilamittari tiheyskompensointia varten. Mitatun voiman ja lämpötilan avulla määritetään virtausmäärä. Mittari on tarkoitettu kylläisen höyryn mittaamiseen. (10.)



*KUVA 7 Tislaamon reaktorin höyryn virtausmittari*

Mittarin mittausalue on 50:1. Virtauksen suurimmaksi arvoksi on ilmoitettu 3070 kg/h mitattaessa 7 baarin mittaripaineessa olevaa kylläistä höyryä. Mittarin tarkkuudeksi on ilmoitettu  $\pm 2$  % mitatusta arvosta mitattaessa 10–100 % maksimivirtauksesta. Mitattaessa 2–10 % maksimivirtauksesta on tarkkuudeksi ilmoitettu  $\pm 0,2$  % maksimivirtauksesta. (10.)

### **5.5.3 Laitehuoneen lämmönsiirtimen virtausmittari**

Laitehuoneessa sijaitsevan talotekniikan lämmönsiirtimen höyryn kulutusta mitataan virtausmittarilla. Mittari on muuten samanlainen kuin tislaamon reaktoreiden mittarit, mutta putkikooltaan se on DN50. Virtauksen suurimmaksi arvoksi on ilmoitettu 1196 kg/h mitattaessa 7 baarin mittaripaineessa olevaa kylläistä höyryä. Mittarin mittausalue on 50:1, ja mittarin tarkkuudeksi on ilmoitettu  $\pm 2$  % mitatusta arvosta mitattaessa 10–100 % maksimivirtauksesta. Mitattaessa 2–10 % maksimivirtauksesta on tarkkuudeksi ilmoitettu  $\pm 0,2$  % maksimivirtauksesta. (10.)

#### 5.5.4 Moduulien 9 ja 10 virtausmittaukset

Moduulien 9 ja 10 höyryn virtauksia seurataan Yokokawan digitalYEWFO -vortex-mittareilla (kuva 8). Vortex-mittauksen toiminta perustuu putkessa olevan virtausesteen aiheuttamien pyörteiden esiintymistaajuuden mittaamiseen. Virtauseste aiheuttaa niin sanotun karman ilmiön, jossa pyörteet irtoavat vuorotellen virtausesteen molemmiin puolin. Pyörteiden irtoaminen saa virtausesteen värähtelemään samalla taajuudella kuin pyörteiden irtoamistaajuus. Värähtelytaajuus mitataan pietsosähköisten antureiden avulla. Pyörteiden esiintymistaajuus on verrannollinen virtausnopeuteen. (11.)



KUVA 8 Yokogawa vortex-virtausmittari (11)

DigitalYEWFO-mittarissa on virtausesteeseen sisäänrakennettu lämpötila-anturi tiheyskompensointia varten. Mittarilla saadaan mitattua höyryn massavirtaus. Mittarin tarkkuus on  $\pm 1$  % mitattaessa höyryn virtausta. (11.)

### 5.5.5 Lauhteiden siirron mittarit

Lauhteiden siirtoa lauhdesäiliöistä mitataan Kamstrupin Ultraflow 54 -virtausanturilla ja Multical 602 -laskijalaitteella. Kummankin lauhdesäiliön tyhjennyslinjassa on samanlaiset mittaukset. Kuvassa 9 on prosessilauhdelinjassa oleva virtausmittari ja laskijalaite.



KUVA 9 Prosessilauhteen siirron virtausmittari ja energialaskuri

Ultraflow 54-virtausanturin toiminta perustuu ultraäänimittaukseen. Virtaus mitataan kahden ultraäänianturin avulla kulkuaikamenetelmään perustuen. Toinen ultraääniantureista on suunnattu vastavirtaan ja toinen myötävirtaan. Anturit lähettävät äänisignaaleja ja virtauksen suuntaisesti kulkeva signaali saavuttaa vastakkaisen anturin ensin. Virtauksen nopeus määritetään näiden kahden vastakkaisen signaalin vastaanottamisen aikaerosta. Virtauksen nopeudesta määritetään massavirtaus. Mittarin mittausalueeksi on ilmoitettu 100:1. Mittarin minimivirtaama on 0,035 m<sup>3</sup>/h, nimellisvirtaama on 3,5 m<sup>3</sup>/h ja maksimivirtaama 7 m<sup>3</sup>/h. Mittarin liikkeellelähtöherkkyys on 7 l/h. Virtausmittarille ilmoitettu suurin virhe on  $\pm 5$  %. Virtauksella 3,5 m<sup>3</sup>/h täytyy virtauksen vastapaineena olla vähintään 1,5 baaria, jotta kavitaatiolta voidaan välttyä. (12.)

Virtausmittariin on yhdistetty laskijalaite, jonka avulla määritetään energiavirta. Mittauspisteessä on lämpötila-anturi energialaskentaa varten. Laskijalaite on tarkoitettu vettä väliaineena käyttävien järjestelmien mittaukseen. Veden lämpötila voi olla 2–180 °C. (13.)

## 6 MITTAUSDATA JA SEN KÄSITTELY

Höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmän mittausdataa kerättiin prosessiautomaatiojärjestelmästä sekä rakennusautomaatiojärjestelmästä. Viimeisimmät mittaukset höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmästä on otettu käyttöön syyskuussa 2015. Mittausdata kerättiin ajanjaksolta 1.12.2015–29.2.2016. Lisäksi Advenin toimittamista energialaskuista saatiin dataa laskentaa varten. Laskutustiedoista selvisi kokonaisenergian määrä, palautetun lauhteen energiamäärä sekä toimitetun kaukolämpö-energian määrä.

### 6.1 Mittausdata

Tehtaalla käytössä olevaan Honeywellin prosessiautomaatiojärjestelmään vietyjen mittauksien data saatiin kerättyä automaatiojärjestelmän tiedonkeruujärjestelmästä. Järjestelmä on nimeltään Process History Database (PHD). PHD-järjestelmästä kerättiin tiedot virtausmittareilta, energiamittareilta ja lämpötilamittareilta. Tietoa kerättiin mittauksista eri mittausaikojen keskiarvoilla. Joulukuulta kerätyn datan lyhyin keskiarvo oli kymmenen sekuntia ja pisin keskiarvo oli neljä tuntia. Tammikuun ja helmikuun mittausdata kerättiin yhden tunnin keskiarvona mittausajanjaksolta. Tehtaan laitehuoneessa sijaitsevalle höyrylämmönsiirtimelle saatiin rakennusautomaatiojärjestelmästä yksi virtausarvo tunnin välein. Näin ollen saatu mittausdata ei ollut kovin tarkkaa.

Taulukkoon 2 on koottu mitattavat kohteet, mittarien positiot, mitattavat suureet ja yksiköt. Kaikilta virtausmittareilta saatiin virtausarvot, jotka olivat kilogrammaa tuntia kohden. Energialaskureilta saatiin arvot kilowattitunteina.

TAULUKKO 2 Mitattavat kohteet ja mittareiden mittayksiköt

Mitattava kohde	Mittarin positio	Mitattava suure	Yksikkö
Laitehuoneen höyrysiirrin	Mittaus rakennusautomaatiojärjestelmässä	Virtaus	Kg/h
Päähöyrylinja	09FI9001	Virtaus	Kg/h
Tislaamon reaktori 1	00FI0013	Virtaus	Kg/h
Tislaamon reaktori 2	00FI0023	Virtaus	Kg/h
Moduuli 9 prosessihöyry	13FI9000	Virtaus	Kg/h
Moduuli 10 prosessihöyry	14FI10000	Virtaus	Kg/h
Prosessilauhteen siirto	09FI9005	Virtaus	Kg/h
Prosessilauhteen energia	09E9005	Energia	kWh
Puhtaan lauhteen siirto	09FI9006	Virtaus	Kg/h
Puhtaan lauhteen energia	09E9006	Energia	kWh
Säiliöiden lämmitysjärjestelmän menolämpötila	TI0051	Lämpötila	°C
Säiliöiden lämmitysjärjestelmän paluulämpötila	TI0052	Lämpötila	°C
Säiliöiden lämmitysjärjestelmän lauhteen lämpötila	TI0050	Lämpötila	°C

## 6.2 Mittausdatan käsittely

Mittausdataa käsiteltiin Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Laskelmat suoritettiin joulukuulle, tammikuulle ja helmikuulle. Laskelmat tehtiin kuukautta kohden, koska energia laskutetaan kuukausittain ja energialaskuista saatiin höyryn ja palautetun lauhteen kokonaisenergiämäärät.

Mittausdatan käsittely aloitettiin laskemalla keskiarvot jokaiselle mittarin mittausdatalle. Keskiarvon avulla pystyttiin laskemaan mitattu määrä kuukauden tuntimäärän mukaan. Kun höyryn paine tunnettiin, saatiin höyryn energiasisältö kiloa kohden kylläisen höyryn taulukosta. Lasketun määrän ja höyryn energiasisällön avulla laskettiin energiamäärä megawattitunteina. Seuraavaksi on



käyty läpi mittarin 09FI9001 joulukuun mittausdatan laskennan vaiheet ja tulokset. Virtauksen keskiarvoksi saatiin 436 kg/h.

Koska höyryvirtaus oli yksikössä kilogrammaa tuntia kohden, kerrotaan keskiarvo kuukauden tuntimäärällä. Joulukuussa on 31 päivää ja päivässä on 24 tuntia. Näin höyryn määräksi saadaan

$$436 \frac{kg}{h} * 31d * 24 \frac{h}{d} = 324\,384\,kg \approx 324\,tonnia.$$

Seuraavaksi luettiin kylläisen höyryn taulukosta tunnetun höyryn paineen kohdalta höyryn ominaisentalpia. Ominaisentalpia 8 baarin mittaripaineessa olevalle höyrylle on 2773,9 kJ/kg. Kaavaa 2 käyttäen voidaan laskea höyryn energiamäärä.

$$E = m * h$$

KAAVA 2

E= energia (kJ)

m= käytetyn höyryn massa (kg)

h= höyryn ominaisentalpia (kJ/kg)

Energian määräksi saadaan

$$324384\,kg * 2773,9 \frac{kJ}{kg} = 899\,808\,777\,kJ$$

Kun tiedetään, että kJ=kW/s, energiamäärä saadaan muutettua kilowattitunneiksi ja siitä edelleen megawattitunneiksi

$$\frac{899808777\,kW/s}{3600\,s/h} = 249\,947\,kWh \approx 250\,MWh$$

Taulukossa 3 on lasketut tulokset höyryn virtausmittauksilta. Tulokset on laskettu läpikäydylä tavalla.

### TAULUKKO 3 Tulokset höyryn virtausmittauksilta

	Joulukuu		Tammikuu		Helmikuu	
Mittari	Määrä (tonnia)	Energia (MWh)	Määrä (tonnia)	Energia (MWh)	Määrä (tonnia)	Energia (MWh)
Laitehuoneen höyrysiirrin	55	43	85	65	51	39
09FI9001	324	250	337	260	287	221
00FI0013	68	52	55	43	37	29
00FI0023	83	64	71	54	49	38
13FI9000	0,01	0,008	0	0	0,04	0,03
14FI10000	1,7	1,3	1,72	1,32	1,79	1,38

Prosessilauhteen ja puhtaan lauhteen tyhjennyslinjojen mittareiden mittausdatasta laskettiin virtausmäärän ja energialaskurin keskiarvot. Keskiarvojen ja kuukauden tuntimäärän avulla laskettiin kokonaismäärät kuukaudelle. Taulukkoon 4 on koottu lasketut tulokset lauhdemittauksista.

### TAULUKKO 4 Lauhdemittauksien tulokset

	Joulukuu	Tammikuu	Helmikuu
09FI9005	349 tonnia	290 tonnia	238 tonnia
09E9005	32 MWh	27 MWh	22 MWh
09FI9006	917 tonnia	1442 tonnia	1000 tonnia
09E9006	109 MWh	150 MWh	103 MWh

Tislaamossa sijaitsevan säiliöiden lämmitysjärjestelmän höyrylämmönsiirtimen höyrynkulutusta ei mitata virtausmittareilla. Järjestelmästä on kuitenkin saattavilla toisiopuolen glykolikierron meno- ja paluulämpötilat. Järjestelmästä ei ole saatavilla tarkkoja virtaustietoja, koska pumpun painepuolelta palautetaan osa virtauksesta takaisin imupuolelle. Virtausnopeuden tarkempi määrittäminen sovittiin selvitettäväksi myöhemmin ja tässä työssä voidaan käyttää virtausnopeudesta arviota.

Oletetaan järjestelmän lämmönsiirtonesteeseen virtausnopeudeksi 1 m/s. Lämmönsiirtoaineena käytettävän glykoliseoksen pitoisuus on 50 %. Järjestelmässä on DN25-putkikoko. Oletetun virtausnopeuden, tunnetun tiheyden ja virtauksen poikkipinta-alan avulla saadaan järjestelmän massa-

virraksi 0,41 kg/s. Toisiopuolen lämpötilojen, tunnetun glykolipitoisuuden ja arvioitun massavirran avulla voidaan järjestelmän energiankulutus laskea käyttäen kaavaa 3.

$$Q = \dot{m} * C_p * \Delta T$$

KAAVA 3

Q= Teho (kW)

$\dot{m}$ = Massavirta (kg/s)

$C_p$ = Ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg\*K)

$\Delta T$ = Meno- ja paluulämpötilojen erotus (K)

Järjestelmän meno- ja paluulämpötilojen keskiarvoiksi joulukuun mittauksista saatiin 83 °C ja 51,9 °C. Sijoittamalla kaavaan 3 saadaan tehoksi

$$0,41 \frac{kg}{s} * 3,5 \frac{kJ}{kg * K} * (83 - 51,9)K = 44,6 kW.$$

Kun tämä kerrotaan kuukauden tuntimäärällä, saadaan energiamäärä kuukautta kohti

$$44,6 kW * 31d * 24 \frac{h}{d} = 33\,182 kWh \approx 33,2 MWh.$$

Käytetty höyrymäärä saadaan selville höyryn energiasisällön avulla. Järjestelmän höyrysäätö on lauhdepuolella. Lauhteen keskimääräinen lämpötila oli joulukuussa 91 °C ja käytettävän höyryn paine on 8 baaria. Näiden tietojen avulla voidaan höyrytaulukosta lukea entalpian arvot ja laskea käytetty höyrymäärä.

$$\frac{33,2 MWh * 3600 s/h}{(2773,9 \frac{kJ}{kg} - 382 \frac{kJ}{kg})} = 49,9 tonnia$$

Höyryenergia järjestelmän läpi saadaan lasketun höyrymäärän avulla

$$\frac{49900 kg * 2773,9 kJ/kg}{3600 s/h} = 38\,449 kWh \approx 38,5 MWh$$

Taulukkoon 5 on koottu säiliöiden lämmitysjärjestelmästä lasketut tulokset. Tulokset on esitetty joka kuukaudelle.

TAULUKKO 5 Säiliöiden lämmitysjärjestelmän lasketut tulokset

	Joulukuu	Tammikuu	Helmikuu
Järjestelmän kierron lämpötilaero	31,1 °C	32,5 °C	33,3 °C
Lauhteen lämpötila	91 °C	90 °C	89 °C
Järjestelmän kuluttama energia	33,2 MWh	35 MWh	33,3 MWh
Höyrymäärä	49,9 tonnia	52 tonnia	50 tonnia
Höyryenergia	38,5 MWh	40 MWh	38,5 MWh

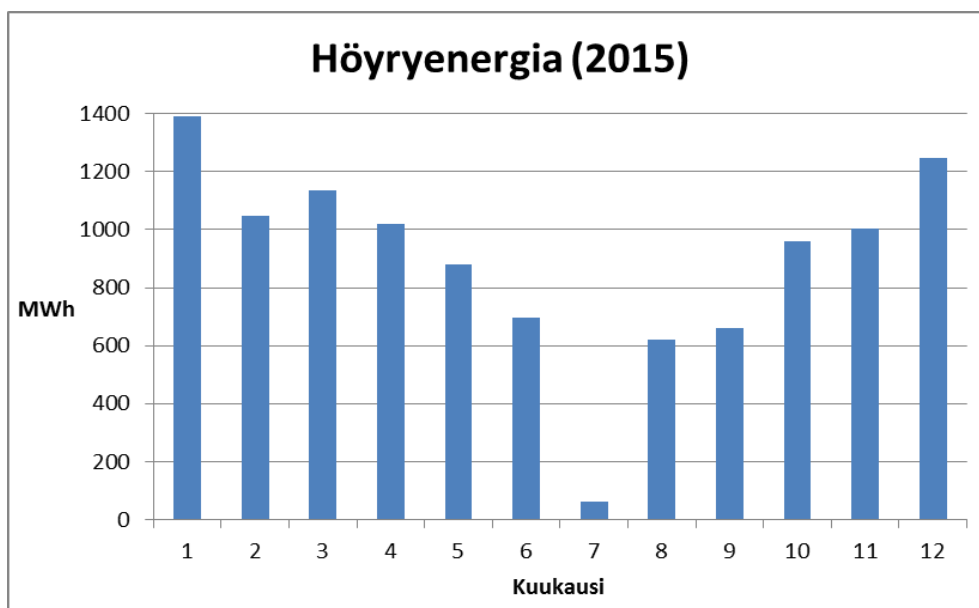
Energialaskuista saatiin tiedot toimitetun höyryenergian kokonaismäärästä, palautetun lauhteen määrästä, kaukolämpöenergian määrästä ja energian hinnasta. Taulukkoon 6 on koottu tiedot energialaskuista.

TAULUKKO 6 Tiedot energialaskuista

	Joulukuu	Tammikuu	Helmikuu
Laskutettu energia (MWh)	1161	1505	1124
Höyryenergia (MWh)	1249	1620	1216
Kaukolämpö (MWh)	25	44	24
Palautettu lauhde (MWh)	113	159	116
Energian hinta (€/MWh)	53,8	54,8	53,8

## 7 Höyryenergian kulutuksen jakautuminen

Tehtaalla olevilla nykyisillä mittareilla saatiin mitattua höyryn kulutuksesta vain osa. Vaikka kulu-  
tusta ei saatu jaettua täysin talotekniikkaan ja prosessiin, voidaan sanoa talotekniikan kuluttaneen  
suurimman osan höyrystä mittausajanjakson aikana. Kuvassa 10 on esitetty vuonna 2015 toimitet-  
tun höyryenergian määrä kuukautta kohti. Kuvan perusteella voidaan todeta höyryenergian käy-  
tön lisääntyvän runsaasti lämmityskaudella.



KUVA 10 Toimitetun höyryenergian määrä

### 7.1 Vertailu energiakatselmuksen tuloksiin

Vuonna 2009 tehtaalle suoritettiin energiakatselmus. Katselmuksessa selvitettiin lämmön, sähkön  
ja veden kulutus sekä näiden jakaantuminen eri kulutuskohteisiin. Tulokset on selvitetty mittaus-  
ten sekä laskelmien perusteella. Katselmuksen energian- ja vedenhankinta koski vuoden 2008  
tietoja. Katselmuksessa ehdotettiin myös erilaisia laskettuja energiansäästötoimenpiteitä. Taulu-  
kossa 7 on energiakatselmuksessa esitetty kulutusjakauma höyryenergiasta. Höyryenergiaan  
sisältyy myös lauhteiden energiasisällöt. (14.)

TAULUKKO 7 Vuoden 2008 höyryenergian kulutusjakauma energiakatselmuksesta

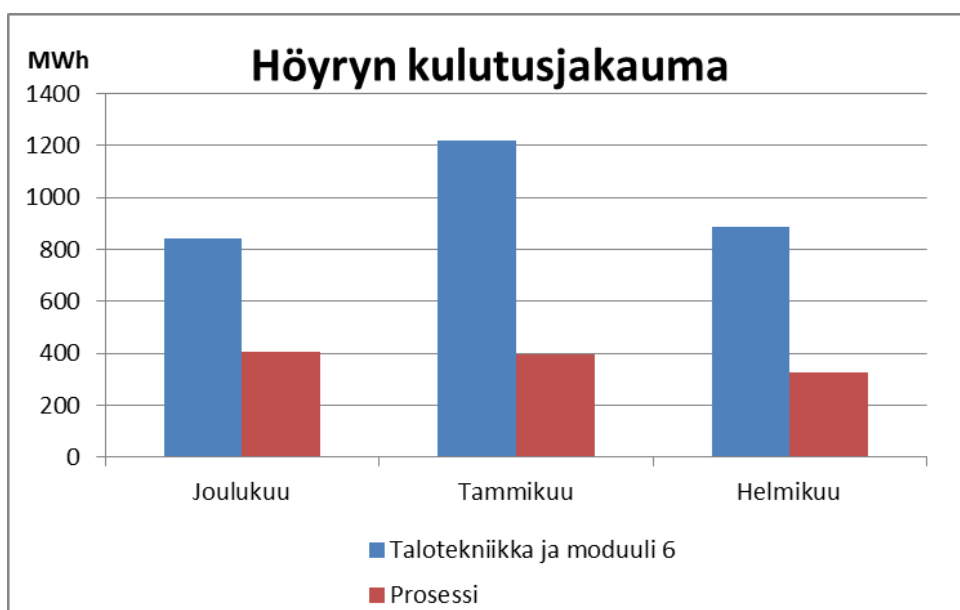
Kulutusjakauma	MWh/a	%
Talotekniikka	5013	49 %
Prosessi	5130	51 %
Yhteensä	10 143	100 %

Taulukossa 8 on esitetty mittausajanjakson kulutusjakauma, joka on selvitetty virtausmittauksien ja laskelmien avulla. Talotekniikan ja moduulin 6 käyttämä osuus laskettiin vähentämällä toimitetun höyryenergian määrästä mitatut ja lasketut prosessien energiankulutukset.

TAULUKKO 8 Höyryenergian kulutusjakaumat mittausajanjaksolta

	Joulukuu		Tammikuu		Helmikuu	
Talotekniikka ja moduuli 6	843 MWh	68 %	1222 MWh	75 %	889 MWh	73 %
Prosessi	406 MWh	32 %	298 MWh	25 %	327 MWh	27 %

Kuvassa 11 on esitetty höyryenergian kulutusjakauma pylväsdiagrammina. Kuvasta nähdään lämmitysenergian määrän reilu kasvu tammikuussa, koska tammikuun keskilämpötila on alhaisin mittausajanjaksolla.



KUVA 11 Höyryn kulutusjakauma

Talvikuukausina tehtaalla käytettävästä höyrystä suurin osa on rakennuksen lämmitykseen kuluva energiaa. Koko vuoden kulutusjakauman tilannetta arvioitaessa on mahdollista, että höyryn kulutusjakauma on vuonna 2009 tehdyn energiakatselmuksen tulosten kaltainen.

Fermion Oy:llä on myös Hangossa lääkeainetehdas, jolle suoritettu energiakatselmus vuonna 2005. Energiakatselmuksen tuloksena höyryenergian kulutusjakauma oli 67 % prosessiin ja 33 % talotekniikkaan. Koko vuoden höyryenergian kulutus oli noin 19 500 MWh. Lämmitetyn rakennus-tilavuuden määrä oli noin 86 000 m<sup>3</sup>. Höyryenergian kulutuksesta osa oli mitattu, osa oli laskennallisia arvoja ja osa oli arvioitu. (15.)

Vuonna 2015 höyryenergian kokonaiskulutus oli 10 724 MWh sisältäen lauhteet. Verrattaessa nykyistä höyryenergian kulutusta vuoden 2008 kulutukseen täytyy huomioida tehtaalle valmistunut laajennus vuonna 2011. Taulukossa 9 on vertailtu vuosien 2008 ja 2015 laskutettua energiamäärää, kaukolämpömäärää, normitettua kaukolämmön kulutusta, höyryenergian määrää, palautetun lauhteen määrää, tehtaalle jääneen höyryn määrää ja ominaiskulutusta. (14.)

Kaukolämpöenergian normitettu kulutus laskettiin käyttäen kaavaa 4. Normitetun energiankulutuksen avulla voidaan verrata energiankulutusta niin, että sääolot vastaavat normaalivuotta. Kaavaan tarvittavat lämmitystarveluvut saatiin ilmatieteen laitoksen verkkosivuilta. Normaalivuoden lämmitystarveluku on Oulussa 5057 °Cd. (16; 17.)

$$Q_{normitettu} = \frac{S_{N\ vpkunta}}{S_{toteutunut\ vpkunta}} * Q_{toteutunut} \quad \text{KAAVA 4}$$

$S_{N\ vpkunta}$  = Normaalivuoden lämmitystarveluku (°Cd)

$S_{toteutunut\ vpkunta}$  = Toteutunut lämmitystarveluku (°Cd)

$Q_{Toteutunut}$  = Toteutunut lämmitysenergian kulutus

TAULUKKO 9 Energiankulutusvertailu

	2008	2015	Muutos	Muutos (%)
Laskutettu energia (MWh)	9453	10 102	649	7
Kaukolämpö (MWh)	238	141	-97	-41
Lämmitystarveluku (°Cd)	4591	4119	-472	-10
Normitettu kaukolämpö (MWh)	262	173	-89	-34
Höyryenergia (MWh)	10 143	10 724	581	6
Palautettu lauhde (MWh)	928	764	-164	-18
Tehtaalle jäänyt höyryenergia (MWh)	9215	9960	745	8
Rakennustilavuus (m <sup>3</sup> )	45 442	51 282	5840	13
Ominaiskulutus (kWh/r-m <sup>3</sup> )	208	197	-11	-5

## 7.2 Massatase

Mittausdatan ja energialaskujen perusteella tehtiin massatase höyrystä. Kun tehtaalle toimitetaan tietty määrä höyryä, täytyy myös lauhdetta muodostua sama määrä. Taulukkoon 10 on koottu virtausmittareilta saadut määrät ja energialaskuista lasketut määrät. Höyryenergian laskutuspiste höyryntuotantolaitoksella sijaitsee höyryakun jälkeen. Taulukkoon 10 on laskettu palautetun lauhteen määrä energialaskuista, käyttäen lauhteen lämpötilana 95 °C. Lauhteen palautuslämpötila on kysytty höyryntuotantolaitoksen käytönvalvojalta. Lauhteen lämpötila on tehtaan lauhdesäiliössä säilön kyljessä olevan paikallisen lämpötilamittarin mukaan noin 100 °C, mutta siirtoputkiston häviöiden vuoksi lauhde jäähtyy hieman ennen höyryntuotantolaitoksen mittauspistettä. (18.)

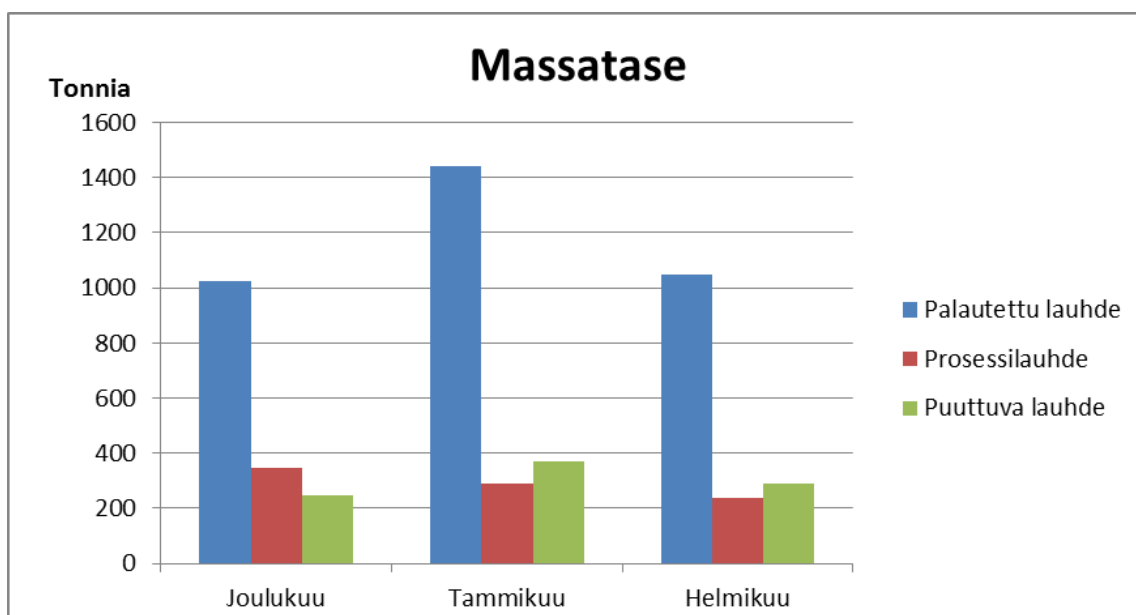
Palautettu määrä on laskettu energialaskusta, koska virtausmittari ei aina mittaa virtausta heti kun lauhdetta aletaan pumpata. Palautettavan lauhteen pumppaus ei ole jatkuvaa vaan tapahtuu sykleissä. Prosessilauhteen virtauksen mittaamisessa samaa ongelmaa ei esiinny tai ainakaan ongelmaa ei voi havaita, koska virtaus on jatkuvaa. Virtausmittarin toiminta tulisi tarkistaa.



TAULUKKO 10 Massataseet

	Joulukuu		Tammikuu		Helmikuu	
	Tonnia	%-osuus	Tonnia	%-osuus	Tonnia	%-osuus
Höyryä	1621	100	2103	100	1578	100
Palautettu lauhde	1024	63	1443	69	1049	67
Prosessilauhde	349	22	290	14	238	15
Puuttuva lauhde	248	15	370	17	291	18

Kuvassa 12 on esitetty massataseet pylvädiagrammina. Kaaviossa on kuvattu palautetun lauhteen, prosessilauhteen ja puuttuvan lauhteen määrät. Suurin osa lauhteesta saadaan palautettua höyryntuotantolaitokselle.



KUVA 12 Massatase

Jokaisena kuukautena massataseesta puuttuu suuri määrä lauhdetta. Osa puuttuvasta määrästä voi selittyä mittareiden virheenä ja laskuvirheenä. Tehtaalla käytetään myös ns. irtohöyryä, mutta tämä määrä on erittäin pieni. Osa puuttuvasta lauhteen määrästä on muodostuvaa hönkähöyryä. Hönkähöyryä muodostuu, kun korkeassa paineessa ja lämpötilassa olevaa lauhdetta vapautetaan matalampaan paineeseen. Tehtaalla muodostuvat hönkähöyryt pääsevät vapautumaan ulkoilmaan lauhdesäiliöiden hönkälinjoista. Muodostuvan hönkähöyryn määrä voidaan laskea käyttäen kaavaa 5. (19.)

$$\text{Hönlähöyryn määrä} = \frac{h_{f1} - h_{f2}}{h_{fg}}$$

KAAVA 5

$h_{f1}$  = lauhteen ominaisentalpia paineessa 1 (kJ/kg)

$h_{f2}$  = lauhteen ominaisentalpia paineessa 2 (kJ/kg)

$h_{fg}$  = höyrystymisenergia paineessa 2 (kJ/kg)

Vapauttamalla 8 baarin paineessa ja 175 °C:n lämpötilassa olevaa lauhdetta ilmanpaineeseen tilaan muodostuvan hönlähöyryn määräksi saadaan

$$\frac{742 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 419 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{2257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0,143 \text{ kg/kg lauhdetta}$$

Tämä tarkoittaa, että hönlähöyryä muodostuu käytetystä höyrystä 14,3 %. Kun vapautetaan 3 baarin paineessa ja 143 °C:n lämpötilassa olevaa lauhdetta ilmanpaineeseen tilaan, muodostuu hönlähöyryä 8,2 %.

Tehtaalla höyryä käytetään eri paineissa ja erilaisissa kohteissa, joten lauhtumispainetta ja lämpötilaa ei tunneta tarkasti. Tehtaalla on myös kohteita, joissa käytettävästä höyrystä ei muodostu hönlähöyryä. Esimerkiksi säiliöalueen säiliöiden lämmitysjärjestelmän lämmönsiirtimen höyrysaatto on lauhdepuolella ja lauhteen lämpötila pysyttelee alle 100 °C:n. Myös talotekniikan uusimmissa lämmönsiirtimissä lauhtumispaine pysyy hyvin matalana koko ajan. Laitehuoneessa sijaitseva talotekniikan höyrylämmönsiirrin on varustettu pumppulauhteenpoistimella, jolloin lauhdetta pystytään poistamaan ilman tarvittavaa paine-eroa yli lauhteenpoistimen.

Vanhimmat talotekniikan lämmönsiirtimet on suunniteltu käyttämään 8 baarin höyryä. Lämmönsiirtimet ovat putkilämmönsiirtimiä. Lämmönsiirtimien tehoa säädetään höyryn säätöventtiileillä, joiden avulla höyryn virtausta kuristetaan. Kuristamalla höyryn virtausta höyryn paine ja lämpötila laskevat. Lämmönsiirtimen lämmitysalueen ja lämmönsiirtokertoimen pysyessä vakiona, vaikuttaa lämmönsiirtonopeuteen höyryn ja lämmitettävän veden välinen logaritminen lämpötilaero. Suuremmalla logaritmisella lämpötilaerolla saadaan suurempi lämmönsiirtonopeus. Pienemmällä tehontarpeella höyryn virtausta kuristetaan enemmän ja höyryn lämpötila ja paine ovat matalamat. (20.)

Kun talotekniikan vanhimmat lämmönsiirtimet toimivat suuremmalla teholla, muodostuu käytettävästä höyrystä hönkähöyryä. Hönkähöyryn määrää on vaikea arvioida ilman tarvittavia mittauksia. Järjestelmästä tulisi mitata todellista energiankulutusta tai käytetyn höyryn määrää, jotta hönkähöyryn määrä voitaisiin laskea tarkemmin.

Taulukossa 10 esitettyjen massataseiden perusteella lauhdetta puuttuu 15–18 %. Vaikka kaikki käytettävä höyry lauhtuisi 8 baarin paineessa ja tästä muodostuisi hönkähöyryä, lauhdetta puuttuisi silti. Koska hönkähöyryn määrä ei ole mahdollista olla niin suuri kuin massataseesta puuttuva lauhdemäärä, täytyy höyryä vuotaa. Höyryä voi vuotaa lauhteenpoistimien ja varoventtiilien läpi. Tehtaalla hönkähöyryksi muodostuvan ja viemäriin pumpattavan lauhteen määrää varmistettiin myös höyryntuotantolaitoksen käytönvalvojalta, joka mainitsi lisäveden tarpeen olevan vuorokaudessa jopa 20 m<sup>3</sup>. Taulukossa 10 esitetyt prosessilauhteen ja puuttuvan lauhteen määrät ovat yhteensä noin 18–21 m<sup>3</sup> vuorokautta kohti. Tässä kuitenkin tulee huomioda, että höyryntuotantolaitokselta toimitetaan höyryä myös Chempolis Oy:lle ja höyryntuotantolaitoksella muodostuu hönkähöyryä syöttövesisäiliöstä sekä kattilan ulospuhalluksesta. (18.)

### **7.3 Mittaustulosten perusteella havaitut energiansäästökohteet**

Mittaustulosten perusteella lauhdetta ja höyryä häviää suuria määriä. Osa häviöistä on hönkähöyryä, mutta myös höyryvuotoja on todennäköisesti höyryverkossa.

#### **7.3.1 Höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmän kuntokartoitus**

Massataseen perusteella höyryä täytyy vuotaa höyryverkosta. Suoritetun suppean katsauskieroksen aikana havaittiin yksi selvästi höyryä läpi päästävä lauhteenpoistin ja yksi vuotava varoventtiili. Lisäksi havaittiin kolme mahdollisesti vuotavaa lauhteenpoistinta. Lauhteenpoistimen vuoto havainnoitiin jatkuvasta virtaavan höyryn aiheuttamasta äänestä ja varoventtiilin vuoto selvisi ulospuhalluslinjan höyry- ja lauhdevirran perusteella.

Nykyisin tehtaalla olevat lauhteenpoistimet tarkastetaan kerran vuodessa. Tarkastuksessa löytyneet vialliset lauhteenpoistimet huolletaan tai uusitaan. Lauhteenpoistimet ovat viimeksi tarkastettu kesällä 2014. Kesälle 2015 suunniteltu tarkastus on jäänyt välistä, ja tämän vuoksi viallisia lauhteenpoistimia on todennäköisesti normaalia enemmän.

### **7.3.2 Talotekniikan lämmönsiirtimien uusiminen**

Kun rakennuksen lämmitystarve on suuri kylminä ajanjaksoina, toimivat talotekniikan höyrylämmönsiirtimet suuremmalla teholla. 8 baarin höyryä käyttävissä lämmönsiirtimissä tämä tarkoittaa höyryn lauhtumispaineen kasvamista. Kun lauhtumispaine kasvaa, myös muodostuvan hönkähöyryn määrä kasvaa. Kolmessa lämmönsiirtimessä käytetään 8 baarin höyryä. Kaksi vanhinta on otettu käyttöön vuonna 1988 ja uusin vuonna 1995.

Alentamalla käytettävän höyryn paine ja uusimalla lämmönsiirtimet saataisiin vähennettyä hönkähöyryn määrää. Lisäksi höyrystä saadaan matalammassa paineessa enemmän energiaa ja tämän vuoksi myös käytettävän höyryn määrä vähenisi.

### **7.3.3 Hönkähöyrylämmönsiirrin**

Vaikka talotekniikan lämmönsiirtimet uusittaisiin, muodostuisi hönkähöyryä silti prosessihöyrystä ja talotekniikan lämmönsiirtimiltä niiden toimiessa suurella teholla. Hönkähöyrystä voitaisiin ottaa energiaa talteen hönkähöyrylämmönsiirtimellä. Hönkähöyryn määrä voidaan selvittää lisättävien mittauksien avulla. Lisättävät mittaukset on selitetty raportin luvussa 7.5.

## **7.4 Suoritetut energiansäästötoimenpiteet ja vaikutusten arvio**

Energialaskun pienentämistä varten on tehty energiaselvityksen jälkeen eri toimenpiteitä. Reaktoreihin, joissa ei ole ollut höyrylämmönsiirtimiä, on asennettu lämmönsiirtimiä reaktorien uusinnan yhteydessä. Sellaisilta höyrylämmönsiirtimiltä, joista lauhde on johdettu prosessilauhdesäiliöön, on muutettu lauhteiden johtaminen puhtaan lauhteen säiliöön. Lauhteen palautuksen tehostamistoimia on tehty vuoden 2015 kesällä. Taulukosta 11 voidaan nähdä lauhteenpalautuksen tehostamistoimien vaikutukset. Höyryn määrä on laskettu 8 baarin kylläisen höyryn entalpian avulla ja lauhteen määrä on laskettu olettamalla palautetun lauhteen lämpötilaksi 95 °C.

TAULUKKO 11 Lauhteen palautuksen vertailu

	Höyrymäärä (MWh)	Höyrymäärä (tonnia)	Palautettu lauhde (MWh)	Palautettu Lauhde (tonnia)	Palautus - %
Tammikuu 2015	1389	1803	85	771	43
Tammikuu 2016	1620	2103	159	1443	69

Tislaamon lauhdelinjaan on tehty muutos ja asennettu johtokykymittaus lauhdelinjaan. Johtokykymittaus valvoo lauhteen puhtautta. Kun lauhteen johtokyky on alle määritellyn rajan, voidaan lauhteet ajaa prosessilauhteiden sijasta puhtaisiin lauhteisiin. Muutos tislaamon lauhdelinjaan on tehty, koska tislaamon kahdessa suuressa reaktorissa käytetään suuria määriä höyryä. Tällä hetkellä johtokykymittaus on epäkunnossa ja lauhteet ajetaan prosessilauhteisiin.

Taulukkoon 12 on laskettu tislaamon lauhteen kustannus kuukausien toteutuneilla energian hinnoilla. Tislaamon lauhteen energiamäärä on laskettu olettaen höyryntuotantolaitokselle palaavan lauhteen lämpötilaksi 95 °C. Koska osa lauhteista ajettaisiin kuitenkin prosessilauhteisiin ja lauhdesta muodostuisi myös hönkähöyryä, on tämä otettu huomioon olettamalla lauhteiden talteenoton tehokkuudeksi 85 %.

TAULUKKO 12 Tislaamon lauhteenpalautuksen energiansäästöt

	Joulukuu	Tammikuu	Helmikuu
Lauhdemäärä (tonnia)	128	107	73
Energia (MWh)	14,1	11,8	8,1
Hyvitys palautuksesta (€)	759	646	433

Kaukolämpöenergian kulutusta on saatu vähennettyä laskemalla keskusvaraston lämpötila 21 °C:sta 16 °C:seen. Sisälämpötilan alentamisesta johtuva energiansäästö on suoraan nähtävissä energialaskusta. Normitetuissa kaukolämpöenergian kulutuksissa vuosien 2008 ja 2015 välillä on eroa 89 MWh vuodessa. Vuoden 2015 lämpöenergian keskihinnalla 55,35 €/MWh tämä energiansäästö tekee 4926 euroa vuodessa.

Tehtaalle vuonna 2009 tehdyssä energiakatselmuksessa oli useita ehdotuksia höyryenergian kulutuksen vähentämiseen. Ehdotettuja toimenpiteitä olivat käyttöveden lämmitys hyödyntämällä prosessilauhteen energia, ilmanvaihdon lämmöntalteenoton lisääminen, höyry- ja lauhdeputkien lisäeristäminen, talotekniikan höyryverkon paineen alennus 3 baarin paineeseen, talotekniikan lämmönsiirtimien säädön muutos lauhdepuolelle ja paineilmakompressorin hukkalämmön hyödyntäminen. Lisäksi ehdotettiin, että prosessilauhteeseen jäävä energiasisältö käytettäisiin prosessissa käytettävän veden esilämmitykseen ja hönkähöyryjen energiaa hyödynnettäisiin talotekniikkaan tai prosessiin. Laskennallinen lämpöenergian säästö, joka toimenpiteillä voidaan saavuttaa, oli 715 MWh vuodessa. Laskettu kustannus toimenpiteille oli 628 625 euroa. Kaikkien toimenpiteiden takaisinmaksuajaksi olisi silloisella energian hinnalla tullut hieman yli 13 vuotta. Näistä toimenpiteistä on tehty eristämättömien höyry- ja lauhdeputkien eristäminen. (14.)

## **7.5 Vaadittavat mittarien paikat kulutuksen tarkempaan seurantaan**

Lisättävien mittarien paikat suunniteltiin niin, että höyryenergian kulutus saataisiin jaettua talotekniikkaan ja prosessiin. Mittauksien ulkopuolelle jää prosessin kuluttamasta höyrystä moduulin 6 ja säiliöiden lämmitysjärjestelmän kuluttama energia.

Prosessien kuluttaman höyryenergian mittaamiseksi tehtaan höyryverkkoon tulisi lisätä virtausmittaus moduulin 6 höyrylinjaan ja säiliöiden lämmitysjärjestelmän höyryn kulutuksesta voidaan tehdä automaatiojärjestelmään laskuri. Laskuri laskee energiankulutuksen käyttäen kaavaa 3. Laskuriin täytyy syöttää lähtötiedoiksi lämmitysjärjestelmän glykolikierron massavirta ja glykolin ominaislämpökapasiteetti. Laskuri laskee energiankulutuksen järjestelmän meno- ja paluulämpötilan erotuksen ja lähtötietojen avulla. Näin saadaan määritettyä järjestelmän energiankulutus riittävän tarkasti.

Talotekniikan lämmönsiirtimien höyryn kulutus voidaan mitata lisäämällä kaksi virtausmittausta höyrylinjoihin. Mittaukset tulisi sijoittaa teknisen tilan 6316 höyrylinjaan ennen höyrylämmönsiirtimiä ja moduulien 9 ja 10 teknisen tilan höyrylinjaan ennen talotekniikan lämmönsiirintä.

Vaihtoehtoisesti talotekniikan energiankulutusta voitaisiin seurata höyrylämmönsiirtimien vesipuolelta. Vesikiertoihin täytyisi lisätä meno- ja paluulämpötilan mittaukset ja selvittää virtaamat tai lisätä virtausmittarit. Osassa piireistä löytyy jo lämpötilamittaukset, mutta niitä ei ole kytketty ra-

kennusautomaatiojärjestelmän tiedonkeruun piiriin. Lämpötilan mittaukset tulisi viedä prosessiautomaatiojärjestelmään, jonne mittaustiedot myös tallentuisivat. Lämpötilamittauksien ja virtaamien avulla voitaisiin tehdä automaatiojärjestelmään laskurit ja näin seurata talotekniikan energiankulutusta.

Laitehuoneessa sijaitsevan talotekniikan höyrylämmönsiirtimen virtausmittaus on nykyisin vain rakennusautomaatiojärjestelmässä. Tämä mittaus tulisi viedä prosessiautomaatiojärjestelmään, jotta höyrylämmönsiirtimen höyrynkulutusta voidaan seurata ja mittausdata saadaan tallennettua tarkemmin ja keskitetymin yhteen järjestelmään.

## 8 HÖYRYENERGIASIVUN SUUNNITTELU AUTOMÄÄTIOJÄRJESTELMÄÄN

Tehtaalla on käytössä prosessinohjaukseen Honeywellin automaatiojärjestelmä. Nykyisin automaatiojärjestelmässä ei ole koottu kaikkia höyry- ja lauhdejärjestelmän mittauksia samalle näytösivulle. Automaatiojärjestelmässä on näytösivu, johon on koottu tehtaalla käytettävien käyttöhyödykkeiden mittauksia. Tehtaalla käytettäviä käyttöhyödykkeitä ovat muun muassa höyry, typpi ja paineilma. Höyry- ja lauhdemittauksista tällä sivulla on päähöyrylinjan virtausmittaus, höyrylinjojen painemittaukset ja lauhteiden virtaus- ja energiamittaukset. Muut höyryn virtausmittaukset näkyvät automaatiojärjestelmässä kulutuskohteiden prosessinohjaussivuilla.

Höyry- ja lauhdejärjestelmän uudesta näytösivusta tehtiin piirros johon merkittiin kaikkien mitta-reiden positiot ja tarvittavat kumulatiiviset laskurit. Mittauspisteiden kumulatiivisilla laskureilla voidaan seurata kokonaismäärää mittauspisteen läpi. Kuvaan lisättiin säiliöiden lämmitysjärjestelmän laskurin tarvitsema paikka, moduulin 6 prosessihöyryn virtausmittauksen paikka ja talotekniikan lämmönsiirtimien höyryn virtausmittausten paikat. Tehdyn piirroksen avulla voidaan piirtää automaatiojärjestelmään uusi näytösivu. Piirros on raportin liitteenä numero 1.



## 9 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää tehtaalla käytettävän höyryenergian jakautuminen kulutuskohteisiin nykyisiä mittauspisteitä hyödyntäen ja puuttuvien mittauksien paikat, jotta höyryenergian kulutus voidaan jakaa talotekniikan kuluttamaan höyryyn ja prosessin kuluttamaan höyryyn. Tavoitteena oli myös hahmotella tehtaan automaatiojärjestelmään erillinen höyryenergiaa koskeva näyttösivu.

Työssä selvitettiin nykyiset mittaukset ja niiden sijainnit tehtaan höyry- ja lauhdeverkossa. Höyryenergian kulutuksen jakautuminen prosessien käyttämään höyryyn saatiin selvitettyä suurimmilta osilta. Prosessin kuluttamasta höyrystä jäi puuttumaan moduulin 6 käyttämä höyry, mutta voidaan sanoa talotekniikan kuluttaneen suurimman osan höyryenergiasta mittausajanjaksolla.

Selvityksen perusteella täytyisi moduulin 6 höyrylinjaan lisätä virtausmittaus. Säiliöiden lämmitysjärjestelmän kuluttama energia saadaan selville automaatiojärjestelmään tehtävän laskurin avulla. Laskuria varten säiliöiden lämmitysjärjestelmästä tulee selvittää tarkempi virtausnopeus glykoliseokselle. Lisättävän mittauksen ja laskurin avulla saadaan eroteltua höyryenergian kulutus prosessiin. Talotekniikan energiankulutusta voidaan seurata lisäämällä kaksi höyryn virtausmittausta höyryverkkoon. Vaihtoehtoisesti talotekniikan lämmönsiirtimien energiankulutusta voidaan seurata lisäämällä lämpötilamittauksia lämmönsiirtimien vesipuolelle ja viemällä lämpötilamittaukset prosessiautomaatiojärjestelmään.

Nykyisistä mittauksista palautettavan lauhteen tyhjennyslinjassa olevan virtausmittarin toiminta tulisi tarkastaa. Mittauksessa esiintyy satunnaisesti katkoksia, kun lauhdetta aletaan pumpata.

Mittaustulosten perusteella tehtiin massatase, jonka avulla selvisi, että puuttuvan lauhteen määrä on suuri. Osa puuttuvasta lauhteesta on höyryn käytöstä muodostuvaa hönkähöyryä, joka virtaa lauhdesäiliöistä ulkoilmaan. Suurin osa hönkähöyrystä muodostuu todennäköisesti talotekniikan lämmönsiirtimillä, joissa käytettävän höyryn paine on 8 baaria. Massataseen perusteella osa puuttuvasta lauhteesta voi olla myös höyryvuotoja. Myös mittarivirheet ovat mahdollisia.

Energiansäästöjä saadaan alentamalla talotekniikan lämmitysjärjestelmissä käytettävän höyryn paine ja uusimalla lämmönsiirtimet. Alemmalla höyrynpaineella höyrystä saadaan enemmän

energiaa ja höyryä tarvitaan vähemmän. Hönkähöyryn muodostumisen määrää saadaan vähennettyä uusilla lämmönsiirtimillä, koska lauhtumispaine saadaan matalammaksi.

Mittauksien avulla selvisi myös tislamoon tehdyn lauhdelinjan muutostyöstä saatava energian kustannussäästö. Kun johtokykymittaus lauhdelinjassa saadaan toimimaan, alkaa säästöjä syntymään energialaskussa. Lisäksi lauhteen palautusta yleisesti on tehostettu kesän 2015 muutosten avulla.

Automaatiojärjestelmään suunnitellun näyttösivun avulla mittaukset höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmästä saadaan koottua yhdelle sivulle. Mittausten ja laskurien lukemien avulla voidaan seurata höyrynkulutusta helpommin, kun ne on koottu yhdelle näyttösivulle. Jos laskurit nollattaisiin kuukausittain tai aina vuoden alusta, voitaisiin seurata eri kulutuskohteiden energian käyttöä helpommin automaatiojärjestelmästä.

Kun höyryenergian kulutuksen jakautuminen saadaan selvitettyä tarkemmin lisättävien mittauksien avulla, saadaan selville myös muodostuvan hönkähöyryn määrä. Hönkähöyryn määrän selvityä voidaan tutkia hönkähöyrylämmönsiirtimeen hankintaa tarkemmin.

## LÄHTEET

1. 1429/2014 Energiatehokkuuslaki. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141429>. Hakupäivä 12.1.2016.
2. Vapautuminen pakollisista katselmuksista. 2016. Energiavirasto. Saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/vapautuminen-pakollisista-katselmuksista>. Hakupäivä 12.1.2016.
3. Fermion's history. 2012. Fermion Oy. Saatavissa: <http://www.fermion.fi/About-Fermion/Fermions-history/>. Hakupäivä 12.1.2016.
4. Organisaatio. Orion Oyj. Saatavissa: <http://www.orion.fi/konserni/orion-yrityksena/liiketoiminta/>. Hakupäivä 12.1.2016.
5. Ilmakuva. Fermion Oy. Sisäinen materiaali.
6. Energiatehokkuusjärjestelmä ETJ+. 2015. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/10070/Energiatehokkuusjarjestelma\\_ETJ\\_.pdf](http://www.motiva.fi/files/10070/Energiatehokkuusjarjestelma_ETJ_.pdf). Hakupäivä 12.1.2016.
7. Höyry-lauhesiirtojärjestelmän energiatehokkuuden mittausopas. 2012. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/8898/Hoyry-lauhesiirtojarjestelman\\_energiatehokkuuden\\_mittausopas\\_verkkoon.pdf](http://www.motiva.fi/files/8898/Hoyry-lauhesiirtojarjestelman_energiatehokkuuden_mittausopas_verkkoon.pdf). Hakupäivä 12.1.2016.
8. Principles of Flowmetering. 2016. Spirax Sarco Limited. Saatavissa: <http://www.spiraxsarco.com/Resources/Pages/Steam-Engineering-Tutorials/flowmetering/principles-of-flowmetering.aspx>. Hakupäivä 16.1.2016.
9. Gilflo ILVA Flowmeter. 2013. Spirax Sarco Limited. Saatavissa: [http://www.spiraxsarco.com/Documents/Gilflo\\_ILVA\\_Flowmeters-Technical\\_Information.pdf](http://www.spiraxsarco.com/Documents/Gilflo_ILVA_Flowmeters-Technical_Information.pdf). Hakupäivä 9.2.2016.
10. TVA Flowmeter for Saturated Steam Service Installation and Maintenance Instructions. 2012. Spirax Sarco Limited. Saatavissa: [http://www.spiraxsarco.com/Documents/TVA\\_Flowmeter\\_for\\_Saturated\\_Steam\\_Service-Installation\\_Maintenance\\_Manual.pdf](http://www.spiraxsarco.com/Documents/TVA_Flowmeter_for_Saturated_Steam_Service-Installation_Maintenance_Manual.pdf). Hakupäivä 9.2.2016.
11. Vortex flow meters. 2016. Yokogawa Corporation of America. Saatavissa: <http://www.yokogawa.com/us/solutions/products-platforms/field-instruments/flow-meters/vortex-flow-meters/>. Hakupäivä 9.2.2016.

12. Technical description Ultraflow 54 and 34. 2015. Kamstrup. Saatavissa:  
<http://products.kamstrup.com/ajax/downloadFile.php?uid=512b6280df192&display=1>. Hakupäivä 8.3.2016.
13. Multical 602 datalehti. 2012. Kamstrup. Saatavissa:  
<http://products.kamstrup.com/ajax/downloadFile.php?uid=512b546225d4b&display=1>. Hakupäivä 9.2.2016.
14. Energiakatselmusraportti teollisuuden energiakatselmus. 2010. Laatija AIRIX Talotekniikka Oy. Tilaaja Fermion Oy.
15. Motiva-energiakatselmusraportti teollisuuden energia-analyysi. 2005. Laatija Kupari Solutions Oy. Tilaaja Fermion Oy.
16. Laskukaavat: Lämmitysenergiankulutus. 2015. Motiva Oy. Saatavissa:  
[http://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/energian kayton\\_tehostaminen/kiinteistojen\\_energianhallinta/kulutuksen\\_normitus/laskukaavat\\_lammitysenergiankulutus](http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energian kayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammitysenergiankulutus). Hakupäivä 1.3.2016.
17. Lämmitystarveluku eli astepäiväluku. Ilmatieteen laitos. Saatavissa:  
<http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>. Hakupäivä 1.3.2016.
18. Lehmikangas, Pauli. 2016. Käytönvalvoja, Adven Oy. Puhelinhaastattelu 16.3.2016.
19. What is steam? 2016. Spirax Sarco. Saatavissa:  
<http://www.spiraxsarco.com/Resources/Pages/Steam-Engineering-Tutorials/steam-engineering-principles-and-heat-transfer/what-is-steam.aspx>. Hakupäivä 17.3.2016.
20. The heat load, heat exchanger and steam load relationship. 2016. Spirax Sarco. Saatavissa:  
<http://www.spiraxsarco.com/Resources/Pages/Steam-Engineering-Tutorials/condensate-removal/the-heat-load-heat-exchanger-and-steam-load-relationship.aspx>. Hakupäivä 17.3.2016.

